

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-102385

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/322

C30B 29/06

H01L 21/208

(21)Application number : 2000-228463

(71)Applicant : MITSUBISHI MATERIALS  
SILICON CORP

(22)Date of filing : 28.07.2000

(72)Inventor : HARADA KAZUHIRO  
FURUYA HISASHI  
MUROI YUKIO

(30)Priority

Priority number : 11213750

Priority date : 28.07.1999

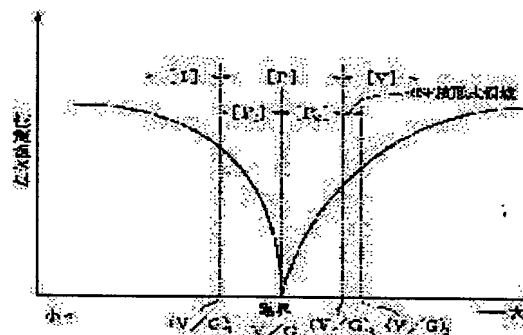
Priority country : JP

## (54) SILICON WAFER WITHOUT AGGREGATE OF DOT-LIKE DEFECT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a constant gettering effect, even in a silicon wafer which is cut out of an ingot comprising a perfect region [P].

SOLUTION: A region in which a depletion type dot-like defect is dominant in an ingot is defined as [V], a region in which an inter-lattice silicon type dot-like defect is dominant is defined as [I], and a perfect region in which no aggregate of depletion type dot-like defect nor that of inter-lattice silicon type dot-like defect exist is defined as [P]. Here, a wafer comprises only a region [PI], or both a region [PV] and region [PI] while region [PV]/region [PI] is less than 9 in area ratio. Where, the region [PV] is adjacent to the region [V], while comprising such depletion type dot-like defect concentration as less than a minimum depletion type dot-like defect concentration for forming an oxidation-induced lamination defect. The region [PI] is adjacent to the region [I], while comprising such inter-lattice silicon type dot-like defect concentration less than a minimum inter-lattice silicon type dot-like defect concentration for forming an infiltration type dislocation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-102385

(P 2 0 0 1 - 1 0 2 3 8 5 A)

(43) 公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H01L 21/322		H01L 21/322	Y
			P
C30B 29/06		C30B 29/06	A
H01L 21/208		H01L 21/208	P

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

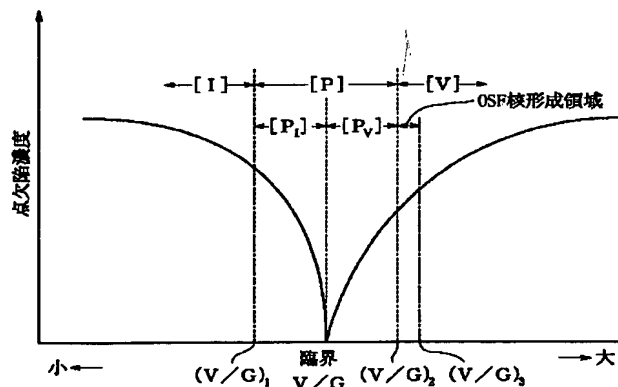
(21) 出願番号	特願2000-228463(P 2000-228463)	(71) 出願人	000228925 三菱マテリアルシリコン株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22) 出願日	平成12年7月28日(2000.7.28)	(72) 発明者	原田 和浩 東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三 菱マテリアルシリコン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-213750	(72) 発明者	降屋 久 東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三 菱マテリアルシリコン株式会社内
(32) 優先日	平成11年7月28日(1999.7.28)	(72) 発明者	室井 幸男 東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三 菱マテリアルシリコン株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	100085372 弁理士 須田 正義

(54) 【発明の名称】 点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハ

## (57) 【要約】

【課題】 パーフェクト領域 [P] からなるインゴットから切出されたシリコンウェーハであっても、ウェーハ面内で均一なゲッタリング効果が得られる。

【解決手段】 インゴット内での空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を [V] とし、格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を [I] とし、空孔型点欠陥の凝集体及び格子間シリコン型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を [P] とするとき、領域 [P<sub>i</sub>] からなるか、又は領域 [P<sub>v</sub>] と領域 [P<sub>i</sub>] の双方からなりかつ領域 [P<sub>v</sub>] / 領域 [P<sub>i</sub>] が面積比で9未満であるウェーハである。但し、領域 [P<sub>v</sub>] は領域 [V] に隣接しかつ酸化誘起積層欠陥を形成し得る最低の空孔型点欠陥濃度未満の空孔型点欠陥濃度を有する領域であり、領域 [P<sub>i</sub>] は領域 [I] に隣接し、かつ侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン型点欠陥濃度未満の格子間シリコン型点欠陥濃度を有する領域である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を〔I〕とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を〔V〕とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするとき、

前記パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハにおいて、

前記領域〔I〕に隣接し、かつ侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン型点欠陥濃度未満の格子間シリコン型点欠陥濃度を有する領域を〔P<sub>I</sub>〕とし；前記領域〔V〕に隣接し、かつ酸化誘起積層欠陥を形成し得る最低の空孔型点欠陥濃度未満の空孔型点欠陥濃度を有する領域を〔P<sub>V</sub>〕とするとき；領域〔P<sub>I</sub>〕からなるか、或いは領域〔P<sub>V</sub>〕と領域〔P<sub>I</sub>〕の双方からなり領域〔P<sub>V</sub>〕／領域〔P<sub>I</sub>〕が面積比で9未満であって、かつ炭素濃度が $1 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ であることを特徴とする点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハ。

【請求項2】 シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を〔I〕とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を〔V〕とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするとき、

前記パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハにおいて、

前記領域〔I〕に隣接し、かつ侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン型点欠陥濃度未満の格子間シリコン型点欠陥濃度を有する領域を〔P<sub>I</sub>〕とし；前記領域〔V〕に隣接し、かつ酸化誘起積層欠陥を形成し得る最低の空孔型点欠陥濃度未満の空孔型点欠陥濃度を有する領域を〔P<sub>V</sub>〕とするとき；領域〔P<sub>I</sub>〕からなるか、或いは領域〔P<sub>V</sub>〕と領域〔P<sub>I</sub>〕の双方からなり領域〔P<sub>V</sub>〕／領域〔P<sub>I</sub>〕が面積比で9未満であって、かつウェーハ裏面に厚さ $0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ のポリシリコン層が形成されたことを特徴とする点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハ。

【請求項3】 シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を〔I〕とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を〔V〕とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするとき、

前記パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハにおいて、

前記領域〔I〕に隣接し、かつ侵入型転位を形成し得る

最低の格子間シリコン型点欠陥濃度未満の格子間シリコン型点欠陥濃度を有する領域を〔P<sub>I</sub>〕とし；前記領域〔V〕に隣接し、かつ酸化誘起積層欠陥を形成し得る最低の空孔型点欠陥濃度未満の空孔型点欠陥濃度を有する領域を〔P<sub>V</sub>〕とするとき；領域〔P<sub>I</sub>〕からなるか、或いは領域〔P<sub>V</sub>〕と領域〔P<sub>I</sub>〕の双方からなり領域〔P<sub>V</sub>〕／領域〔P<sub>I</sub>〕が面積比で9未満であって、かつ炭素濃度が $1 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ であり、ウェーハ裏面に厚さ $0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ のポリシリコン層が形成されたことを特徴とする点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、チョクラルスキー法（以下、CZ法という。）により作られ、半導体集積回路を製造するために用いられるシリコンウェーハに関する。更に詳しくはゲッタリング源を有し、かつ点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路を製造する工程において、歩留りを低下させる原因として酸化誘起積層欠陥（Oxidation Induced Stacking Fault、以下、OSFという。）の核となる酸素析出物の微小欠陥や、結晶に起因したパーティクル（Crystal Originated Particle、以下、COPという。）や、或いは侵入型転位（Interstitial-type Large Dislocation、以下、LDという。）の存在が挙げられている。OSFは、結晶成長時にその核となる微小欠陥が導入され、半導体デバイスを製造する際の酸化工程等で顕在化し、作製したデバイスのリーク電流の増加等の不良原因になる。また鏡面研磨後のシリコンウェーハをアンモニアと過酸化水素の混合液で洗浄すると、ウェーハ表面にピットが形成され、このウェーハをパーティクルカウンタで測定すると、ピットも本来のパーティクルとともにパーティクルとして検出される。上記ピットは結晶に起因したものであり、本来のパーティクルと区別するために、COPと称される。このウェーハ表面のピットであるCOPは電気的特性、例えば酸化膜の経時絶縁破壊特性（Time Dependent dielectric Breakdown、TDDDB）、酸化膜耐圧特性（Time Zero Dielectric Breakdown、TZDB）等を劣化させる原因となる。またCOPがウェーハ表面に存在するとデバイスの配線工程において段差を生じ、この段差は断線の原因となって、製品の歩留りを低くする。更にLDは、転位クラスタとも呼ばれたり、或いはこの欠陥を生じたシリコンウェーハをフッ酸を主成分とする選択エッチング液に浸漬するとピットを生じることから転位ピットとも呼ばれる。

【0003】以上のことから、半導体集積回路を製造するために用いられるシリコンウェーハからOSF、CO

10

20

30

40

50

P及びLDを減少させることが必要となっている。このOSF、COP及びLDを有しない無欠陥のシリコンウェーハが特開平11-1393号公報に開示されている。この無欠陥のシリコンウェーハは、シリコン単結晶インゴット内での空孔型点欠陥の凝集体及び格子間シリコン型点欠陥の凝集体がそれぞれ存在しないパーフェクト領域を[P]とすると、パーフェクト領域[P]からなるインゴットから切出されたシリコンウェーハである。パーフェクト領域[P]は、格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域[I]と、シリコン単結晶インゴット内で空孔型点欠陥が支配的に存在する領域[V]との間に介在する。一方、半導体デバイスメーカーの中には、OSF、COP及びLDを有しない上に、デバイス工程で生じる汚染をゲッタリングする能力を有するシリコンウェーハを求めるメーカーが存在する。ゲッタリング能力が十分に備わっていないウェーハでは、デバイス工程での汚染により接合リーク等を生じ、これにより製品の歩留まりを低下させる。

#### [0004]

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記パーフェクト領域[P]からなるインゴットから切出されたシリコンウェーハの中で空孔型点欠陥濃度が比較的低いウェーハは、デバイス工程の熱処理においてウェーハ面内で均一に酸素析出が起らず、これによりゲッタリング効果が十分に得られない場合がある。本発明の目的は、パーフェクト領域[P]からなるインゴットから切出されたシリコンウェーハであっても、ウェーハ面内で均一なゲッタリング効果が得られるシリコンウェーハを提供することにある。

#### [0005]

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を[I]とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を[V]とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を[P]とすると、パーフェクト領域[P]からなるインゴットから切出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハにおいて、領域[I]に隣接し、かつ侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン型点欠陥濃度未満の格子間シリコン型点欠陥濃度を有する領域を[P<sub>1</sub>]とし、領域[V]に隣接し、かつ酸化誘起積層欠陥を形成し得る最低の空孔型点欠陥濃度未満の空孔型点欠陥濃度を有する領域を

[P<sub>v</sub>]とすると、領域[P<sub>1</sub>]からなるか、或いは領域[P<sub>1</sub>]と領域[P<sub>v</sub>]の双方からなり領域[P<sub>v</sub>]/領域[P<sub>1</sub>]が面積比で9未満であって、かつ炭素濃度が $1 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ であることを特徴とする点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハである。請求項2に係る発明は、領域[P<sub>1</sub>]からなるか、或いは領域[P<sub>1</sub>]と領域[P<sub>v</sub>]の双方からなり領域[P<sub>v</sub>]/

領域[P<sub>1</sub>]が面積比で9未満であって、かつウェーハ裏面に厚さ $0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ のポリシリコン層が形成されたことを特徴とする点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハである。請求項3に係る発明は、領域[P<sub>1</sub>]からなるか、或いは領域[P<sub>1</sub>]と領域[P<sub>v</sub>]の双方からなり領域[P<sub>v</sub>]/領域[P<sub>1</sub>]が面積比で9未満であって、かつ炭素濃度が $1 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ であり、ウェーハ裏面に厚さ $0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ のポリシリコン層が形成されたことを特徴とする点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハである。

【0006】領域[P<sub>1</sub>]が豊富であって、即ち空孔型点欠陥よりも格子間シリコン型点欠陥に富んだウェーハであっても、炭素濃度を通常のCZウェーハより高い上記範囲内の濃度にするか、又はウェーハ裏面にポリシリコン層を形成することにより、このウェーハを例えば800℃で4時間熱処理した後、1000℃で16時間熱処理すれば、ウェーハのすべての面において酸素析出が均一に行われ、ウェーハ周縁部及びウェーハ中心部との間でばらつきのない均一なゲッタリング効果が得られる。

#### [0007]

【発明の実施の形態】本発明のシリコンウェーハは、CZ法によりホットゾーン炉内のシリコン融液からインゴットをボロンコフ(Voronkov)の理論に基づいた所定の引上げ速度プロファイルで引上げた後、このインゴットをスライスして作製される。一般的に、CZ法によりホットゾーン炉内のシリコン融液からシリコン単結晶のインゴットを引上げたときには、シリコン単結晶における欠陥として、点欠陥(point defect)と点欠陥の凝集体(agglomerates: 三次元欠陥)が発生する。点欠陥は空孔型点欠陥と格子間シリコン型点欠陥という二つの一般的な形態がある。空孔型点欠陥は一つのシリコン原子がシリコン結晶格子で正常的な位置の一つから離脱したものである。このような空孔が空孔型点欠陥になる。一方、原子がシリコン結晶の格子点以外の位置(インターstitial site)で発見されるとこれが格子間シリコン点欠陥になる。

【0008】点欠陥は一般的にシリコン融液(溶融シリコン)とインゴット(固状シリコン)の間の接触面で形成される。しかし、インゴットを継続的に引上げることによって接触面であった部分は引上げとともに冷却し始める。冷却の間、空孔型点欠陥又は格子間シリコン型点欠陥は拡散により互いに合併して、空孔型点欠陥の凝集体(vacancy agglomerates)又は格子間シリコン型点欠陥の凝集体(interstitial agglomerates)が形成される。言い換えれば、凝集体は点欠陥の合併に起因して発生する三次元構造である。空孔型点欠陥の凝集体は前述したCOPの他に、LSTD(Laser Scattering Tomograph Defects)又はFPD(Flow Pattern Defects)と呼ばれる欠陥を含み、格子間シリコン型点欠陥の凝集体

は前述したLDと呼ばれる欠陥を含む。FPDとは、インゴットをスライスして作製されたシリコンウェーハを30分間セコ(Secco)エッチング液で化学エッチングしたときに現れる特異なフローパターンを呈する痕跡の源であり、LSTDとは、シリコン単結晶内に赤外線を照射したときにシリコンとは異なる屈折率を有し散乱光を発生する源である。

【0009】ボロンコフの理論は、欠陥の数が少ない高純度インゴットを成長させるために、インゴットの引上げ速度を $V$  (mm/分)、ホットゾーン構造でインゴット-シリコン融液の接触面の温度勾配を $G$  (°C/mm) とするときに、 $V/G$  (mm<sup>2</sup>/分・°C) を制御することである。この理論では、図1に示すように、 $V/G$  をよこ軸にとり、空孔型点欠陥濃度と格子間シリコン型点欠陥濃度を同一のたて軸にとって、 $V/G$  と点欠陥濃度との関係を図式的に表現し、空孔領域と格子間シリコン領域の境界が $V/G$ によって決定されることを説明している。より詳しくは、 $V/G$ 比が臨界点以上では空孔型点欠陥濃度が上昇したインゴットが形成される反面、 $V/G$ 比が臨界点以下では格子間シリコン型点欠陥濃度が上昇したインゴットが形成される。図1において、

【I】は格子間シリコン型点欠陥が支配的であって、格子間シリコン型点欠陥が存在する領域 ( $(V/G)_1$  以下) を示し、【V】はインゴット内での空孔型点欠陥が支配的であって、空孔型点欠陥の凝集体が存在する領域 ( $(V/G)_2$  以上) を示し、【P】は空孔型点欠陥の凝集体及び格子間シリコン型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域 ( $(V/G)_1 \sim (V/G)_2$ ) を示す。領域【P】に隣接する領域【V】にはOSF核を形成する領域 ( $(V/G)_1 \sim (V/G)_2$ ) が存在する。

【0010】このパーフェクト領域【P】は更に領域【P<sub>1</sub>】と領域【P<sub>2</sub>】に分類される。【P<sub>1</sub>】は $V/G$ 比が上記 $(V/G)_1$ から臨界点までの領域であり、

【P<sub>2</sub>】は $V/G$ 比が臨界点から上記 $(V/G)_2$ までの領域である。即ち、【P<sub>1</sub>】は領域【I】に隣接し、かつ侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン型点欠陥濃度未満の格子間シリコン型点欠陥濃度を有する領域であり、【P<sub>2</sub>】は領域【V】に隣接し、かつOSFを形成し得る最低の空孔型点欠陥濃度未満の空孔型点欠陥濃度を有する領域である。

【0011】本発明の所定の引上げ速度プロファイルは、インゴットがホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上げられる時、温度勾配に対する引上げ速度の比 ( $V/G$ ) が格子間シリコン型点欠陥の凝集体の発生を防止する第1臨界比 ( $(V/G)_1$ ) 以上であって、空孔型点欠陥の凝集体をインゴットの中央にある空孔型点欠陥が支配的に存在する領域内に制限する第2臨界比 ( $(V/G)_2$ ) 以下に維持されるように決められる。

【0012】この引上げ速度のプロファイルは、実験的に基準インゴットを軸方向にスライスすることで、又は

これらの技術を組合わせることで、シミュレーションによって上記ボロンコフの理論に基づき決定される。即ち、この決定は、シミュレーションの後、インゴットの軸方向スライス及びスライスされたウェーハの確認を行い、更にシミュレーションを繰り返すことによりなされる。シミュレーションのために複数種類の引上げ速度が所定の範囲で決められ、複数個の基準インゴットが成長される。図2に示すように、シミュレーションのための引上げ速度プロファイルは1.2mm/分のような高い引上げ速度(a)から0.5mm/分の低い引上げ速度(c)及び再び高い引上げ速度(d)に調整される。上記低い引上げ速度は0.4mm/分又はそれ以下であることもあってもよく、引上げ速度(b)及び(d)での変化は線形的なものが望ましい。

【0013】異なった速度で引上げられた複数個の基準インゴットは各別に軸方向にスライスされる。最適の $V/G$ が軸方向のスライス、ウェーハの確認及びシミュレーションの結果の相関関係から決定され、続いて最適な引上げ速度プロファイルが決定され、そのプロファイルでインゴットが製造される。実際の引上げ速度プロファイルは所望のインゴットの直径、使用される特定のホットゾーン炉及びシリコン融液の品質等を含めてこれに限定されない多くの変数に依存する。

【0014】引上げ速度を徐々に低下させて $V/G$ を連続的に低下させたときのインゴットの断面図を描いてみると、図3に示される事実が分かる。図3には、インゴット内での空孔型点欠陥が支配的に存在する領域が

【V】、格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域が【I】、及び空孔型点欠陥の凝集体及び格子間シリコン型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域が【P】としてそれぞれ示される。図3に示すように、インゴットの軸方向位置P<sub>1</sub>は、中央に空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を含む。位置P<sub>2</sub>は格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在するリング領域及び中央のパーフェクト領域を含む。また位置P<sub>3</sub>は、本発明に関連する中央に空孔型点欠陥の凝集体もなく、縁部分に格子間シリコン型点欠陥の凝集体もないので全てパーフェクト領域である。

【0015】図3から明らかなように、位置P<sub>1</sub>に対応したウェーハW<sub>1</sub>は、中央に空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を含む。位置P<sub>2</sub>に対応したウェーハW<sub>2</sub>は、格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在するリング及び中央のパーフェクト領域を含む。また位置P<sub>3</sub>に対応したウェーハW<sub>3</sub>は、本発明に係るウェーハであって、中央に空孔型点欠陥の凝集体もないし、縁部分に格子間シリコン型点欠陥の凝集体もないので全てパーフェクト領域である。この空孔型点欠陥が支配的に存在する領域のパーフェクト領域に接する僅かな領域(図1の $(V/G)_1 \sim (V/G)_2$ )は、ウェーハ面内でCOPもLDも発生していない領域である。しかしこのシリコンウェーハW

10

20

30

40

50

に対して、従来のOSF顕在化熱処理に従った、酸素雰囲気下、 $1000^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ の温度で2~5時間熱処理し、引続き $1130^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ の温度で1~16時間熱処理すると、OSFを生じる。図4に示すように、ウェーハ $W_1$ ではウェーハの半径の $1/2$ 付近にOSFリングが発生する。このOSFリングで囲まれた空孔型点欠陥が支配的に存在する領域はCOPが出現する傾向がある。

【0016】本発明のシリコンウェーハが上述したように領域 $[P_1]$ からなるか、或いは領域 $[P_v]$ ／領域 $[P_1]$ が面積比で9未満の場合には、空孔型点欠陥濃度が低いため、第一にウェーハ中の炭素濃度を $1 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ になるように制御するか、又は第二にウェーハ裏面に厚さ $0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ のポリシリコン層を形成するか、或いは第三にこれら両方を行う。第一ないし第三の制御又は加工を行うことにより空孔型点欠陥濃度が低くても、所定の熱処理により酸素析出物が作られ、ウェーハ面内で均一なイントリンシックゲッタリング効果を有するようになる。この所定の熱処理は、デバイス製造工程におけるウェーハ熱処理などである。一例を挙げれば、窒素や酸素雰囲気下、 $600 \sim 800^{\circ}\text{C}$ で1~24時間第1段熱処理した後、窒素や酸素雰囲気下、 $1000 \sim 1150^{\circ}\text{C}$ で1~16時間第2段熱処理する。好ましくは $800^{\circ}\text{C}$ で4時間熱処理した後、 $1000^{\circ}\text{C}$ で16時間熱処理する。

【0017】第一のウェーハ中の炭素濃度の制御は、CZ法に基づいて多結晶シリコンを融解するときに純炭素を添加して、インゴット中の炭素濃度 $[C_s]$ が $1 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ になるように行われる。炭素濃度が $1 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 未満ではイントリンシックゲッタリング効果に乏しく、 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ を超えると、所定の熱処理時に酸素析出核の析出過多が起こり過剰な酸素析出物を生じる不具合がある。また第二のウェーハ裏面のポリシリコン層の形成は、上記条件で引上げられたインゴットをスライスして作製されたシリコンウェーハの裏面に、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により例えば $\text{SiH}_4$ を用いて $650^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ の温度でポリシリコン層が厚さ $0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 、好ましくは $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ で形成される。ポリシリコン層の厚さが $0.1 \mu\text{m}$ 未満ではイントリンシックゲッタリング効果に乏しく、 $1.6 \mu\text{m}$ を超えると生産性が低下する不具合を生じる。なお、本発明のシリコンウェーハ中の酸素濃度は、 $1 \times 10^{18} \sim 1.45 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  (旧ASTM)である。

【0018】

【実施例】次に本発明の実施例を比較例とともに説明する。

<実施例1>原料の多結晶シリコンに純炭素を加えてこれを融解し、このシリコン融液からインゴット全長が図3に示した位置 $P_1$ に対応する領域であって、図1に示

じた $V/G$ が $(V/G)_1$ 以上 $(V/G)_2$ 以下の領域に入り、かつ領域 $[P_v]$ ／領域 $[P_1]$ が面積比で約1になるように、インゴットを引上げた。引上げられたインゴットからスライスされたシリコンウェーハをラッピングし、面取り加工を施した後、化学エッチング処理によりウェーハ表面のダメージを除去して鏡面シリコンウェーハを得た。

【0019】<実施例2>原料の多結晶シリコンに加える純炭素の量を実施例1より多くした以外、実施例1と同様にして鏡面ウェーハを得た。

<実施例3>インゴット全長を図3に示した位置 $P_2$ に対応する領域であって、図1に示した $V/G$ が $(V/G)_1$ 以上 $(V/G)_2$ 以下の領域に入り、かつ領域 $[P_v]$ ／領域 $[P_1]$ が面積比で約1になるようにインゴットを引上げた。引上げられたインゴットを実施例1と同様に加工した後、ウェーハ裏面にCVD法により、 $\text{SiH}_4$ を用いて $650^{\circ}\text{C}$ で $0.5 \mu\text{m}$ の厚さでポリシリコン層を形成した。その後、鏡面研磨してシリコンウェーハを得た。

<実施例4>ウェーハ裏面のポリシリコン層の厚さを $1.0 \mu\text{m}$ にした以外は、実施例3と同様にして鏡面ウェーハを得た。

【0020】<実施例5>ウェーハ裏面のポリシリコン層の厚さを $1.5 \mu\text{m}$ にした以外は、実施例3と同様にして鏡面ウェーハを得た。

【0021】<実施例6>原料の多結晶シリコンに純炭素を加えてこれを融解し、このシリコン融液からインゴット全長が図3に示した位置 $P_2$ に対応する領域であって、図1に示した $V/G$ が $(V/G)_1$ 以上 $(V/G)_2$ 以下の領域に入り、かつ領域 $[P_v]$ ／領域 $[P_1]$ が面積比で約1になるようにインゴットを引上げた。引上げられたインゴットを実施例1と同様に加工した後、ウェーハ裏面にCVD法により、 $\text{SiH}_4$ を用いて $650^{\circ}\text{C}$ で $1.0 \mu\text{m}$ の厚さでポリシリコン層を形成した。その後、鏡面研磨してシリコンウェーハを得た。

<実施例7>原料の多結晶シリコンに加える純炭素の量を多くした以外、実施例6と同様にして鏡面ウェーハを得た。

<実施例8>ウェーハ裏面のポリシリコン層の厚さを $1.5 \mu\text{m}$ にした以外は、実施例6と同様にして鏡面ウェーハを得た。

<実施例9>ウェーハ裏面のポリシリコン層の厚さを $1.5 \mu\text{m}$ にした以外は、実施例7と同様にして鏡面ウェーハを得た。

【0022】<比較例1>インゴット全長が図3に示した位置 $P_2$ に対応する領域であって、図1に示した $V/G$ が臨界点以上 $(V/G)_2$ 以下の領域に入り、かつ領域 $[P_v]$ ／領域 $[P_1]$ が面積比で約1になるようにインゴットを引上げた。引上げられたインゴットからスライスされたシリコンウェーハをラッピングし、面取り加工

10

20

30

40

50

を施した後、化学エッチング処理によりウェーハ表面のダメージを除去して鏡面ウェーハを得た。

＜比較例2＞原料の多結晶シリコンに加える純炭素の量を実施例2より多くした以外、実施例2と同様にして鏡面ウェーハを得た。

＜比較例3＞原料の多結晶シリコンに加える純炭素の量を実施例6より多くした以外、実施例6と同様にして鏡面ウェーハを得た。

【0023】＜比較例4＞ウェーハ裏面のポリシリコン層の厚さを1.5  $\mu\text{m}$ にした以外は、比較例3と同様に 10して鏡面ウェーハを得た。

＜比較例5＞ウェーハ裏面のポリシリコン層の厚さを2.0  $\mu\text{m}$ にした以外は、実施例8と同様にして鏡面ウェーハを得た。

＜比較例6＞ウェーハ裏面のポリシリコン層の厚さを0.5  $\mu\text{m}$ にした以外は、実施例7と同様にして鏡面ウ

ェーハを得た。

【0024】＜比較評価＞実施例1～9及び比較例1～6の各シリコンウェーハ中のカーボン濃度を荷電粒子放射化分析により、ウェーハ中の酸素濃度をフーリエ変換赤外分光 (FT-IR) によりそれぞれ測定した。更に各ウェーハを酸素雰囲気下、800℃で4時間熱処理した後、酸素雰囲気下、1000℃で16時間熱処理した。熱処理した後、各ウェーハを劈開し、更にウェーハ表面をライト (Wright) エッチング液で選択エッチングを行い、光学顕微鏡の観察により、ウェーハ表面から深さ300  $\mu\text{m}$ におけるウェーハ中心部と、ウェーハの半径の1/2付近の酸素析出物 (Bulk Micro Defect、以下、BMDという。) を測定しその密度を求めた。これらの結果を表1に示す。

【0025】

【表1】

	面積比	カーボン濃度 ( $/\text{cm}^3$ )	酸素濃度 ( $/\text{cm}^3$ )	裏面 ポリ シリ コン 厚さ ( $\mu\text{m}$ )	熱処理後のBMD密度	
					領域[P <sub>V</sub> ] ウェーハ中心部 ( $/\text{cm}^3$ )	領域[P <sub>I</sub> ] ウェーハのR/2 ( $/\text{cm}^3$ )
実施例1	約1	$1 \times 10^{15}$	$1.2 \times 10^{11}$	0	$5.0 \times 10^9$	$3.3 \times 10^9$
// 2	//	$5 \times 10^{15}$	//	0	$2.3 \times 10^{10}$	$5.0 \times 10^9$
// 3	//	$5 \times 10^{14}$	//	0.5	$5.5 \times 10^9$	$5.0 \times 10^9$
// 4	//	$5 \times 10^{14}$	//	1.0	$6.5 \times 10^9$	$5.5 \times 10^9$
// 5	//	$5 \times 10^{14}$	//	1.5	$9.0 \times 10^9$	$7.5 \times 10^9$
// 6	//	$1 \times 10^{15}$	//	1.0	$1.7 \times 10^{10}$	$1.6 \times 10^{10}$
// 7	//	$5 \times 10^{15}$	//	1.0	$3.1 \times 10^{10}$	$3.0 \times 10^{10}$
// 8	//	$1 \times 10^{15}$	//	1.5	$1.8 \times 10^{10}$	$1.7 \times 10^{10}$
// 9	//	$5 \times 10^{15}$	//	1.5	$3.3 \times 10^{10}$	$3.1 \times 10^{10}$
比較例1	約1	$5 \times 10^{14}$	$1.2 \times 10^{11}$	0	$3.5 \times 10^9$	$5.0 \times 10^9$
// 2	//	$1 \times 10^{15}$	//	0	$6.0 \times 10^{10}$	$1.0 \times 10^{10}$
// 3	//	$1 \times 10^{15}$	//	1.0	$1.7 \times 10^{11}$	$1.6 \times 10^{11}$
// 4	//	$1 \times 10^{15}$	//	1.5	$2.3 \times 10^{11}$	$2.2 \times 10^{11}$
// 5	//	$1 \times 10^{15}$	//	2.0	$7.5 \times 10^{10}$	$6.5 \times 10^{10}$
// 6	//	$5 \times 10^{15}$	//	0.5	$3.1 \times 10^{10}$	$6.0 \times 10^7$

【0026】表1から明らかなように、シリコンウェーハの熱処理後に、比較例1～6ではウェーハ中心部とウェーハの半径の1/2付近の双方において、BMD密度がイントリンシックゲッターリング効果があるとされる  $10^9 / \text{cm}^3 \sim 10^{11} / \text{cm}^3$  の範囲に入らなかったのに対して、実施例1～9のシリコンウェーハではウェーハ中心部とウェーハの半径の1/2付近の双方において、BMD密度がイントリンシックゲッターリング効果があるとされる  $10^9 / \text{cm}^3 \sim 10^{11} / \text{cm}^3$  の範囲に入っていた。

【0027】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、領域[P<sub>V</sub>]/領域[P<sub>I</sub>]が面積比で9未満の場合には第一にウェーハ中の炭素濃度を  $1 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$  に 50

なるように制御するか、又は第二にウェーハ裏面に厚さ0.1～1.6  $\mu\text{m}$ のポリシリコン層を形成するか、或いは第三にこれら両方を行うことにより、空孔型点欠陥濃度が低くても、所定の熱処理により酸素析出物が作られ、イントリンシックゲッターリング効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ボロンコフの理論に基づいた、V/G比が臨界点以上では空孔豊富インゴットが形成され、V/G比が臨界点以下では格子間シリコン豊富インゴットが形成されることを示す図。

【図2】所望の引上げ速度プロファイルを決定するための引上げ速度の変化を示す特性図。

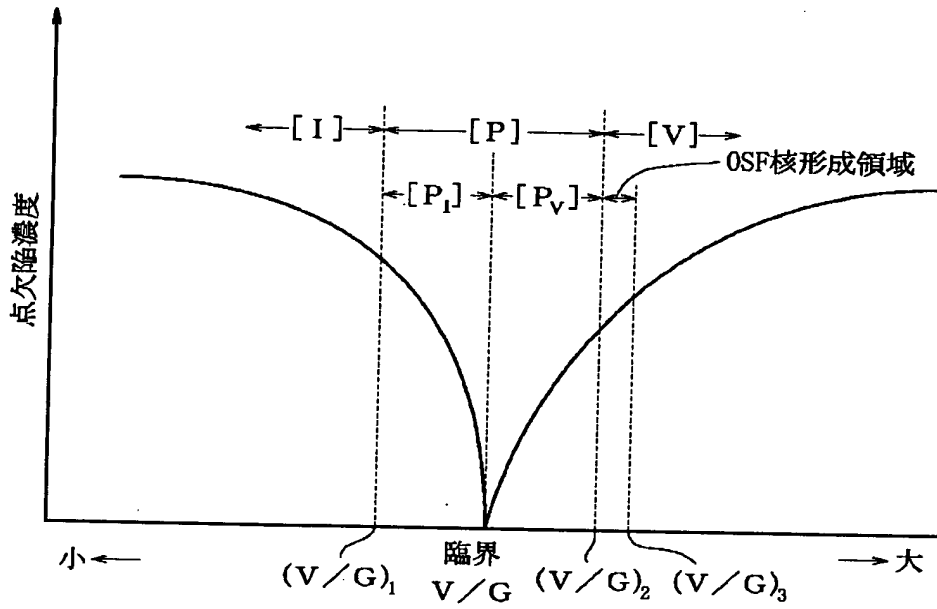
【図3】本発明による基準インゴットの空孔が支配的に存在する領域、格子間シリコンが支配的に存在する領域



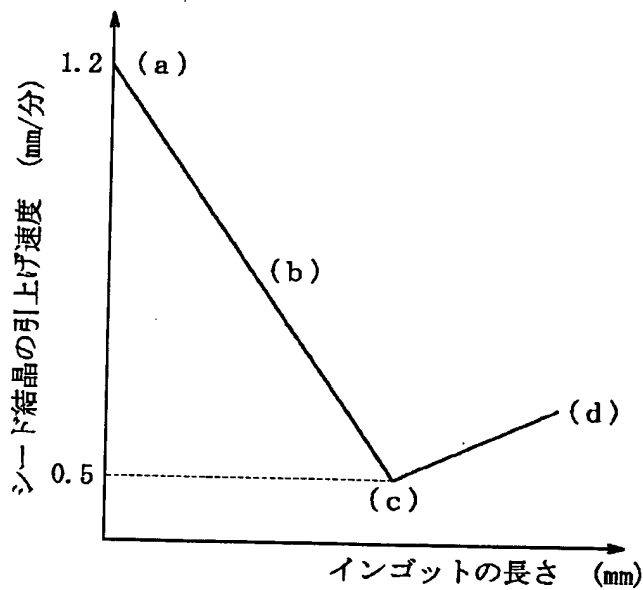
及びパーフェクト領域を示すX線トポグラフィの概略図。

【図4】図3の位置P<sub>1</sub>に対応するシリコンウェーハW<sub>1</sub>にOSFリングが出現する状況を示す図。

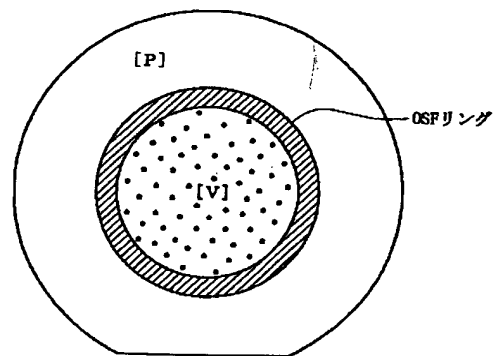
【図1】



【図2】



【図4】



【図3】

